

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 07-331422

(43)Date of publication of application : 19.12.1995

(51)Int.Cl.

C23C 14/28
 B23K 26/00
 B23K 26/06
 B23K 26/12
 H01S 3/225
 // H01L 21/203

(21)Application number : 06-127494

(71)Applicant : TOSHIBA CORP

(22)Date of filing : 09.06.1994

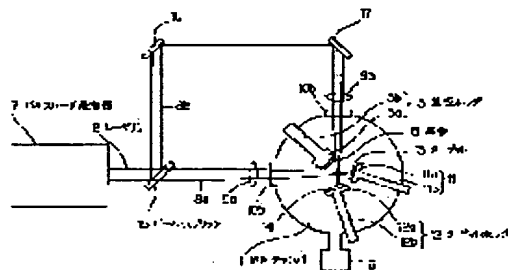
(72)Inventor : SAKANO MINA

(54) LASER ABRASION DEVICE

(57)Abstract:

PURPOSE: To form a high-quality thin film having two-dimensionally uniform various characteristics over the whole area of the thin film surface at a high rate with high efficiency, to simultaneously deposit the thin films of ≥ 2 kinds of compositions on a substrate and to optionally control the compositional ratio in the thickness direction of the thin film.

CONSTITUTION: Two target holders 11 and 12 and a substrate holder 3 are arranged in an irradiation chamber 1. Targets 13 and 14 are held on the holders 11 and 12 and a substrate 5 on the holder 3. A laser beam 8 from a laser oscillator 7 is split into two laser beams 8a and 8b by a beam splitter 15. The two laser beams 8a and 8b are passed through different laser beam incident windows 10a and 10b and introduced into the chamber 1 from different directions to irradiate the targets 13 and 14, respectively.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's

decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

*** NOTICES ***

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] The exposure chamber by which the target with which a laser beam is irradiated, and the substrate on which the particle which dispersed from this target is made to deposit have been arranged, In the laser ablation equipment which is equipped with one set of a pulse laser oscillator, and introduces the laser beam from said laser oscillation machine in said exposure chamber, while arranging two or more targets in said exposure chamber The optical system which divides into the laser beam of the many directions of said target and same number the laser beam of the one direction which carried out outgoing radiation from said pulse laser oscillator is established. This optical system Laser ablation equipment characterized by being constituted so that coincidence may be made for each target to irradiate each divided laser beam individually.

[Claim 2] Said optical system is laser ablation equipment according to claim 1 characterized by being the beam splitter of the adjustable type which can change the transmission and the reflection factor of a laser beam continuously.

[Claim 3] Said beam splitter is laser ablation equipment according to claim 2 characterized by being constituted so that change of the permeability and reflection factor may synchronize with laser oscillation actuation of said pulse laser oscillator and may be controlled by the function of a laser shots per hour.

[Claim 4] Said two or more targets of all in said exposure chamber are laser ablation equipment according to claim 1 characterized by consisting of matter which has the same chemical composition.

[Claim 5] It is laser ablation equipment according to claim 1 characterized by at least one target consisting of matter which has different chemical composition from other targets among said two or more targets in said exposure chamber.

[Claim 6] It is laser ablation equipment according to claim 1 characterized by at least one consisting of matter which contains at least one kind of element among the elements which constitute the ingredient of said substrate among said two or more targets in said exposure chamber.

[Claim 7] Said pulse laser oscillator is laser ablation equipment according to claim 1 characterized by being a excimer laser oscillator.

[Claim 8] Said pulse laser oscillator is laser ablation equipment according to claim 1 characterized by being constituted so that the laser output per one pulse may carry out outgoing radiation of the laser beam which has the energy beyond 0.5J.

[Claim 9] Said exposure chamber is laser ablation equipment according to claim 1 characterized by having evacuation equipment and being maintained at the degree of vacuum of 10 to 6 or more Torrs by this evacuation equipment.

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Industrial Application] This invention relates to the laser ablation equipment for performing thin film formation of an oxide superconductor, a ferroelectric, a semi-conductor, etc., etc.

[0002]

[Description of the Prior Art] as the thin film formation approach which forms a thin film on a base material conventionally -- CVD (chemical vapor deposition) -- there is law, a spatter, or the laser ablation method. Especially, the laser ablation method is an approach by which it is rapidly observed in recent years, and development is positively furthered as the membrane formation technique of the oxide elevated-temperature superconducting thin film aiming at microelectronics device production.

[0003] The laser ablation method is an approach of making the same configuration element as a target depositing as a thin film on a substrate using the plume of the plasma state which generated the pulse laser light of high energy density by explosive exfoliation (APURESHON) of the surface area which irradiates a solid material (target) and happens on a solid-state front face at this time. As a merit of this approach, it is mentioned that a high-definition thin film can be formed with sufficient repeatability, that process temperature is low, that the configuration of a thin film deposition system is comparatively easy, etc. moreover, a solid-state front face -- number of $\sim 100 \text{ MW/cm}^3$ ** -- in order to pour in the very high energy to say momentarily, it is an approach suitable for the thin film formation for refractory materials, such as ceramics which makes boron nitride (BN) the start.

[0004] The laser ablation equipment which has such a description has structure as shown in drawing 4 conventionally. First, as shown in this drawing 4, in the exposure chamber 1, the target holder 2 and the substrate holder 3 are arranged, a target 4 is held at the target holder 2, and the substrate 5 is held at the substrate holder 3. In this case, the target holder 2 and the substrate holder 3 are equipped with a target 4, the holder sections 2a and 3a which hold a substrate 5 on that front face, and stanchion section 2b and 3b which support these holder sections 2a and 3a to the exposure chamber 1, respectively, and each strut section 2b and 3b are prepared in the form extended in the rectangular direction from the tooth back of each holder sections 2a and 3a, respectively. And each holder section 2a and 3a counter, and as each stanchion section 2b and 3b are mostly located in a line in the shape of a straight line, as for this target holder 2 and the substrate holder 3, they are arranged.

[0005] Moreover, the exposure chamber 1 reaches a predetermined pressure with evacuation equipment 6, or is maintained by the predetermined pressure. And the laser beam 8 from the pulse laser oscillator 7 is introduced in this exposure chamber 1. That is, the laser beam 8 from the pulse laser oscillator 7 lets the lens 9 arranged between the pulse laser oscillator 7 and the exposure chamber 1, and the laser entrance window 10 prepared in the exposure chamber 1 pass, and it is introduced in the exposure chamber 1, and condenses and irradiates on the target 4 on the target holder 2. In this case, the laser entrance window 10 is formed with the quality of the material which penetrates a laser beam 8.

[0006] And in such laser ablation equipment, in case a thin film is formed on a substrate 5, first,

outgoing radiation of the laser beam 8 is carried out from the pulse laser oscillator 7, a lens 9 and the laser entrance window 10 are minded for this laser beam 8, and it condenses and irradiates on a target 4. At this time, fragmentation, such as an atom, a molecular ion, etc. which constitutes this target 4, is explosively emitted from the front face of the target 4 which has irradiated the laser beam 8. And such fragmentation expands in different direction toward the front of a target 4, and is reached and deposited on the substrate 5 on the substrate holder 3. Consequently, the thin film which has the same chemical composition as the configuration element of a target 4 is formed on a substrate 5.

[0007]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, there is a trouble as shown below in the conventional laser ablation equipment which has the above configurations.

[0008] First, in the equipment of drawing 4, only a thin film with one kind of chemical presentation or a presentation ratio can be formed, but there is a fault that the class of thin film to form is unchangeable. In order to improve this point, the method of changing the class of thin film to form is proposed by switching the target which installs two or more kinds of targets in one target holder, is made to move a target holder, and irradiates a laser beam.

[0009] However, even if it uses this approach, when a laser beam is irradiated in order of A→B using two kinds of matter A and B, as a target, on a substrate, the thin film of the matter B is simply formed in piles on the thin film of the matter A, for example. Therefore, it cannot respond to a demand which chemical composition is continuously changed from A to B, or is referred to as mixing the presentation of A and B by the ratio of arbitration.

[0010] Furthermore, as a general trouble of conventional laser ablation equipment, it crosses throughout a thin film front face, and the point that it is difficult to obtain the thin film of high quality which is uniform two-dimensional is mentioned. Therefore, the technique of rotating a substrate holder and making membraneous quality equalize is performed conventionally.

However, by this approach, since [of the fragmentation in an ablation plume] only a part reaches a substrate very much, there is a fault, like the loss of an ablation plume is large and a membrane formation rate with bad membrane formation effectiveness is slow.

[0011] As mentioned above, it is impossible to control to arbitration presentation distribution of the class of element which can obtain only the thin film of the same presentation as a target, but constitutes a thin film from conventional laser ablation equipment, or the ratio and the thickness direction. Moreover, there is also a trouble [homogeneity / of a thin film property / two-dimensional] that it is difficult a high speed and to be efficient and to obtain.

[0012] It is proposed in order that this invention may solve the trouble of the above conventional techniques. The purpose The thin film of high quality various kinds of film properties are uniform two-dimensional over the whole region on the front face of a thin film It is high-speed and efficient and can form, and moreover, make coincidence deposit the thin film of two or more kinds of presentations on a substrate, or the presentation ratio of the thickness direction of a thin film is controlled to it at arbitration. It is in offering the outstanding laser ablation equipment which can form easily the thin film of the new material which is not in the former.

[0013]

[Means for Solving the Problem] The laser ablation equipment by this invention is equipped with one set of the exposure chamber by which the target with which a laser beam is irradiated, and the substrate on which the particle which dispersed from this target is made to deposit have been arranged, and a pulse laser oscillator, and has the following descriptions in the laser ablation equipment which introduces the laser beam from a laser oscillation machine in an exposure chamber.

[0014] Invention according to claim 1 is characterized by establishing the optical system which divides into the laser beam of the many directions of a target and the same number the laser beam of the one direction which carried out outgoing radiation from the pulse laser oscillator while it arranges two or more targets in an exposure chamber. And this optical system is constituted so that coincidence may be made for each target to irradiate each divided laser beam individually.

[0015] In addition to the configuration of invention of claim 1, invention claim 2 and given in

three has the descriptions with still more nearly following optical system. That is, in invention claim 2 and given in three, the beam splitter of the adjustable type as optical system which can change the transmission and the reflection factor of a laser beam continuously is used. And in invention according to claim 3, a beam splitter is constituted so that change of the permeability and reflection factor may synchronize with laser oscillation actuation of a pulse laser oscillator and may be controlled by the function of a laser shots per hour.

[0016] In addition to the configuration of invention of claim 1, invention claims 4 and 5 and given in six has the descriptions with two or more still more nearly following targets. First, in invention according to claim 4, two or more targets of all consist of matter which has the same chemical composition. Moreover, in invention according to claim 5, at least one target consists of matter which has different chemical composition from other targets among two or more targets. And in invention according to claim 6, at least one of two or more targets consists of matter which contains at least one kind of element among the elements which constitute the ingredient of a substrate again.

[0017] As for invention claim 7 and given in eight, in addition to the configuration of invention of claim 1, a pulse laser oscillator has the following descriptions. First, in invention according to claim 7, a excimer laser oscillator is used as a pulse laser oscillator. Moreover, in invention according to claim 8, a pulse laser oscillator is constituted so that the laser output per one pulse may carry out outgoing radiation of the laser beam which has the energy beyond 0.5J.

[0018] As for invention according to claim 9, in addition to the configuration of invention of claim 1, an exposure chamber has the following descriptions. That is, the exposure chamber is equipped with evacuation equipment and maintained at the degree of vacuum of 10 to 6 or more Torrs by this evacuation equipment.

[0019]

[Function] According to the laser ablation equipment of this invention which has the above configurations, the following operations are acquired.

[0020] In invention of claim 1, an ablation particle disperses in coincidence from two or more targets by irradiating [each of two or more targets] individually each laser beam of the many directions divided according to optical system at coincidence. And the same substrate can be made to deposit on coincidence the ablation particle which dispersed in this coincidence. In this case, since an ablation particle will fly [different] to coincidence from plurality on one substrate, homogeneity can be made to deposit an ablation particle on a substrate.

[0021] In invention of claim 2, the rate of the ablation particle which disperses from each target can be easily changed by changing the transmission and the reflection factor of a beam splitter continuously. Moreover, in invention of claim 3, change of the permeability and reflection factor of a beam splitter can be adjusted the optimal by interlocking a beam splitter with a pulse oscillator.

[0022] Since the same ablation particle will fly to coincidence from [on one substrate / different] plurality, homogeneity can be made to deposit the same ablation particle on a substrate in invention of claim 4.

[0023] Since two or more kinds of ablation particles will fly [different] to coincidence from plurality on one substrate, coincidence and homogeneity can be made to deposit two or more kinds of ablation particles on a substrate in invention of claim 5. the matter of the deposit on a substrate when invention of this claim 5 is especially combined with invention of claim 2 -- a mixing ratio can be changed to arbitration.

[0024] In invention of claim 6, since the matter containing the element which constitutes the ingredient of a substrate can be made to deposit, it becomes possible identically to the presentation of a substrate to form the thin film which has the presentation with relation. When invention of this claim 6 is especially combined with invention of claims 2 and 5, that presentation ratio can change gradually toward the thickness direction, and a thin film of an inclination presentation which becomes the same presentation as a substrate on the surface of a substrate can be formed.

[0025] In invention of claim 7, the high energy of an ultraviolet-rays field can perform ablation of a target efficiently by using excimer laser. Moreover, in invention of claim 8, even if it divides this

laser beam into two or more laser beams by carrying out outgoing radiation of the laser beam of the energy beyond 0.5J, the output of each laser beam can be made high enough.

[0026] In invention of claim 9, when it can use efficiently, without reducing the energy of a laser beam irradiated by maintaining the degree of vacuum of an exposure chamber at the degree of vacuum of 10 to 6 or more Torrs with evacuation equipment, since it may stop mixing a foreign matter, the thin film of high quality can be formed efficiently.

[0027]

[Example] Below, one example of the laser ablation equipment by this invention is concretely explained based on drawing 1 - drawing 3. In addition, the same sign is given to the same member as the conventional example shown in drawing 4.

[0028] [1] **** of an example — drawing 1 is drawing showing the outline of the equipment of this example first. As shown in this drawing 1, in the exposure chamber 1, the 1st and 2nd target holders 11 and 12 and substrate holder 3 are arranged, the 1st and 2nd target 13 and 14 is held at the 1st and 2nd target holder 11 and 12, respectively, and the substrate 5 is held at the substrate holder 3. In this case, two target holders 11 and 12 and substrate holders 3 It has the holder sections 11a, 12a, and 3a and the stanchion sections 11b, 12b, and 3b which support these holder sections 11a, 12a, and 3a to the exposure chamber 1, respectively. Each strut sections 11b, 12b, and 3b are formed in the form extended in the rectangular direction, respectively from the tooth back of each holder sections 11a, 12a, and 3a. And two target holders 11 and 12 approach in the form where each holder section 11a and 12a makes the obtuse angle of each other, and as each stanchion section 11b and 12b makes the acute angle of each other, they are arranged. Furthermore, as the substrate holder 3 is located on the straight line by which the holder section 3a counters with these in an equidistant location from both holder sections 11a and 12a of the target holders 11 and 12, and the stanchion section 3b passes along between the stanchion sections 11b and 12b of two target holders 11 and 12, it is arranged.

[0029] Moreover, the exposure chamber 1 is maintained at the degree of vacuum of 10 to 6 or more Torrs by evacuation equipment 6. And the laser beam 8 from the pulse laser oscillator 7 is introduced in this exposure chamber 1. In this case, although the laser beam 8 from the laser oscillation machine 7 was introduced as it was in the exposure chamber 1 in the conventional example of drawing 4 In this example, the laser beam 8 from the laser oscillation machine 7 is divided into two laser beams 8a and 8b by the beam splitter 15. It is introduced from a direction which is different in the exposure chamber 1 through the laser entrance windows 10a and 10b from which these two laser beams 8a and 8b differ.

[0030] That is, the beam splitter 15 is arranged at the include angle of 45 degrees on the optical axis of the laser beam 8 from the laser oscillation machine 7, and it is constituted so that the laser beam 8 from the laser oscillation machine 7 may be divided into two at laser beam (transmitted light) 8a of this direction, and laser beam (reflected light) 8b which it turned 90 degrees. And between this beam splitter 15 and holder section 11a of the 1st target holder 11 in the exposure chamber 1, as the optical axis of laser entrance window 10a [lens 9a and] corresponds, they are arranged linearly. And laser beam 8a penetrated from the beam splitter 15 minds lens 9a and laser entrance window 10a, and condenses and irradiates on the 1st target 13 on the 1st target holder 11.

[0031] Moreover, between a beam splitter 15 and holder section 12a of the target holder 12 of another side in the exposure chamber 1, sequential arrangement of the 1st and 2nd mirror 16 and 17, lens 9b, and the laser entrance window 10b is carried out. In this case, the 1st mirror 16 is arranged at the include angle of 45 degrees on the optical axis of laser beam 8b from a beam splitter 15, turns laser beam 8b from a beam splitter 15 90 degrees, and it is constituted so that it may reflect in the direction of outgoing radiation and this direction of a laser beam 8 from the laser oscillation machine 7. And the 2nd mirror 17 is arranged at the include angle of 45 degrees on the optical axis of laser beam 8b reflected from the 1st mirror 16, turns laser beam 8b from the 1st mirror 16 90 degrees, and it is constituted so that it may reflect in the reflective direction and hard flow of laser beam 8b from a beam splitter 15. Furthermore, between this 2nd mirror 17 and holder section 12a of the target holder 12 of another side in the exposure chamber

1, as the optical axis of laser entrance window 10b [lens 9b and] corresponds, they are arranged linearly. That is, laser beam 8b reflected from the 2nd mirror 17 minds lens 9b and laser entrance window 10b, and condenses and irradiates on the 2nd target 14 on the 2nd target holder 12. And laser beam 8b irradiated on the 2nd target 14 in this way lies at right angles to the direction of laser beam 8a which irradiates on the 1st target 13.

[0032] In addition, in this example, the excimer laser which is the source of high energy of an ultraviolet region is used as a pulse laser oscillator 7. And this pulse laser oscillator 7 is constituted so that the laser output per one pulse may carry out outgoing radiation of the laser beam which has the energy beyond 0.5J. Moreover, the beam splitter 15 is constituted so that permeability and a reflection factor can be changed continuously. Furthermore, this beam splitter 15 is constituted so that it can connect with the pulse laser oscillator 7 electrically. And when it connects with the pulse laser oscillator 7 electrically in this way, change of the permeability and reflection factor of a beam splitter 15 synchronizes with laser oscillation actuation (pulse operation) of the pulse laser oscillator 7, and is controlled by the function of a laser shots per hour. Moreover, each laser entrance windows 10a and 10b are formed with the quality of the material which penetrates laser beams 8a and 8b.

[0033] [2] an operation and effectiveness of an example -- the laser ablation equipment of this example which has the above configurations explains the process and operation in the case of actually forming a thin film, and effectiveness below.

[0034] [2-1] It is Si₃N₄ on a SiC substrate as an example which forms on a substrate the thin film which has fixed chemical composition below at the formation process of the thin film which has fixed chemical composition. The process in the case of forming the thin film which has chemical composition is explained using (A) of drawing 2, and (B).

[0035] First, the 1st and 2nd target 13 and 14 is set to the 1st in the exposure chamber 1, and the 2nd target holder 11 and 12, respectively. In this case, it is same Si₃N₄ which has the same chemical composition as the 1st and 2nd target 13 and 14. Si₃N₄ which consists of a sintered compact pellet A target is used. Moreover, the SiC substrate 5 is arranged to the substrate holder 3. After an appropriate time, the pressure of the exposure chamber 1 interior is reduced with evacuation equipment 6. In this case, vacuum achievement is set to 10 to 6 or more Torrs.

[0036] And if the exposure chamber 1 reaches a predetermined degree of vacuum, a laser beam 8 will carry out outgoing radiation from the pulse laser oscillator 7, and it will be divided into two laser beams 8a and 8b by the beam splitter 15. Among these, one laser beam 8a minds lens 9a and laser entrance window 10a, and condenses and irradiates on the 1st [on the 1st target holder 11] Si₃N₄ target 13. Moreover, laser beam 8b of another side minds lens 9b and laser entrance window 10b, after sequential directional change is carried out by the 1st and 2nd mirror 16 and 17, and it is 2nd Si₃N₄ on the 2nd target holder 12. It condenses and irradiates on a target 14.

[0037] In this case, the permeability and reflection factor of a beam splitter 15 are chosen and fixed in consideration of the energy loss in the optical path of two laser beams 8a and 8b so that a target 13 and the laser energy per unit area on 14, i.e., a particle fluence, may become equal. Therefore, the laser beams 8a and 8b of an equal particle fluence will be irradiated by targets 13 and 14.

[0038] Thus, as shown in (A) of drawing 2 from the front face of the targets 13 and 14 which have irradiated the laser beams 8a and 8b of an equal particle fluence, it is this Si₃N₄. The atom, molecule, ion cluster, etc. to constitute serve as the plasma plume 21, and is emitted explosively. Such fragmentation expands in different direction toward the front of targets 13 and 14, reaches the SiC substrate 5 on the substrate holder 3, and is Si₃N₄ on this SiC substrate 5. A thin film is formed.

[0039] At this time, as the plasma plume 21 of the same component and the same grain density occurs in coincidence and it is shown in (A) of drawing 2 from two targets 13 and 14, coincidence is reached from the 2-way of a substrate 5. Therefore, Si₃N₄ which has uniform thickness distribution as gone the whole region on the front face of this substrate 5 and shown in (B) of drawing 2 The film 22 is obtained. In this case, it cannot be overemphasized that a property ***** not only about thickness but various physical, electromagnetic-like, mechanical,

and chemical property demand is acquired.

[0040] Moreover, when a thin film was formed using the equipment of the conventional example as shown in drawing 4, since the loss of a plasma plume was large, there were troubles, like a membrane formation rate with bad membrane formation effectiveness is slow, but in this example, since the fragmentation in a plasma plume can be used effectively, membrane formation effectiveness and a membrane formation rate do not fall, it is high-speed and efficient and the thin film of the above high quality can be formed.

[0041] Furthermore, in this example, since a laser beam can be irradiated [two or more targets] at coincidence using one set only of a pulse laser oscillator, there is a merit that a system is simple and a running cost is held down.

[0042] [2-2] It is Si₃N₄ on a SiC substrate as an example which forms on a substrate the thin film which has inclination-chemical composition below at the formation process of the thin film which has inclination-chemical composition. The process in the case of forming the thin film which has an inclination presentation is explained using drawing 3 R> 3.

[0043] First, while setting the SiC target which becomes the 1st target holder 11 in the exposure chamber 1 from a SiC sintered compact pellet as the 1st target 13, it is Si₃N₄ as the 2nd target 14 to the 2nd target holder 12. Si₃N₄ which consists of a sintered compact pellet A target is set. Moreover, the SiC substrate 5 is arranged to the substrate holder 3. After an appropriate time, with evacuation equipment 6, the pressure of the exposure chamber 1 interior is reduced and vacuum achievement is set to 10 to 6 or more Torrs.

[0044] And if the exposure chamber 1 reaches a predetermined degree of vacuum, a laser beam 8 will carry out outgoing radiation from the pulse laser oscillator 7, and it will be divided into two laser beams 8a and 8b by the beam splitter 15. Like the aforementioned example of a process, these two laser beams 8a and 8b pass along the optical path according to individual, and condense and irradiate on the 1st and 2nd target 13 in the exposure chamber 1, and 14.

[0045] In this case, immediately after ablation initiation (i.e., immediately after the pulse laser oscillator 7 starts laser oscillation actuation), the transmission and the reflection factor of a beam splitter 15 set up so that transmission may become 0% and a reflection factor may become 100%. Therefore, at this time, the laser beam 8 from the pulse laser oscillator 7 is Si₃N₄.

Without completely irradiating on a target 14, it condenses and irradiates on the SiC target 13 altogether, and the atom, molecule, ion cluster, etc. which constitutes SiC serve as a plasma plume, and is emitted explosively. Such fragmentation expands in different direction toward the front of a target 13, reaches the SiC substrate 5 on the substrate holder 3, and forms the thin film of SiC of the same component as this substrate on this SiC substrate 5.

[0046] And in this process, the pulse laser oscillator 7 and a beam splitter 15 are connected electrically, and it controls so that the pulse operation of the pulse laser oscillator 7 is interlocked with and the permeability and reflection factor of a beam splitter 15 change continuously. In this case, it controls so that the permeability of a beam splitter 15 decreases and a reflection factor increases, as the laser shots per hour irradiated from the pulse laser oscillator 7 specifically increases. By this control, the laser particle fluence to the SiC target 13 decreases gradually, and it is Si₃N₄ to coincidence. The laser radiation to a target 14 is started and that laser particle fluence increases gradually. Si[follow on it and]₃N₄ on the SiC substrate 5 While alimentation decreases, it is Si₃N₄. Deposition begins.

[0047] As a result of controlling a beam splitter 15 as mentioned above, SiC deposited on a substrate 5 decreases gradually, and is Si₃N₄ to it. It increases, finally the reflection factor of a beam splitter 15 becomes 100%, and a rate is Si₃N₄. It comes to reach a substrate 5. Thus, when chemical composition change of the deposit on the formed SiC substrate was investigated, distribution like drawing 3 was acquired. In this drawing 3, the distance from a deposit front face [in / in an axis of abscissa / the thickness direction] and an axis of ordinate show the abundance ratio of Si-N association measured by XPS (X-ray photoelectron spectroscopy), and Si-C association. From this drawing 3, only Si-N association appears in the maximum surface of the deposit on a SiC substrate, that rate decreases gradually toward the interior, and, on the other hand, signs that the so-called inclination presentation which Si-C association increases and finally becomes the same component as a substrate is formed are known.

[0048] [3] This invention can carry out the various modifications which are other examples not only to said example but to others. For example, all the ingredients that constitute a target and a substrate can be made into the quality of the material of a different class, or one kind of element can also be further used as a target in common among the elements which constitute a substrate. Moreover, it is also possible to always fix to a fixed ratio each mixing ratio of the target which maintains the permeability and reflection factor of a beam splitter at a fixed value, and consists of the different quality of the material.

[0049] And this invention enables it to produce easily the new material which was not able to be obtained by the conventional approach in this way by choosing the class of target, and the permeability and reflection factor of a beam splitter as arbitration.

[0050] On the other hand, in said example, although two targets were used, further, the configuration which uses three or more targets is possible similarly, and the laser beam from a laser oscillation machine is divided into three or more laser beams in that case. Moreover, the concrete configuration of the optical system which divides a laser beam, and the optical path of the divided laser beam can be designed freely. Furthermore, the laser oscillation machine to be used and its service condition are also freely selectable.

[0051]

[Effect of the Invention] As stated above, while arranging two or more targets in an exposure chamber according to the laser ablation equipment of this invention The laser beam of the one direction which carried out outgoing radiation from the laser oscillation machine is divided into the laser beam of the many directions of a target and the same number. Each laser beam according to an individual at each target and by having constituted so that coincidence might be irradiated The thin film of high quality various kinds of film properties are uniform two-dimensional over the whole region on the front face of a thin film A high speed and the thin film of a new material which is efficient, can form, is made to deposit the thin film of two or more kinds of presentations in coincidence on a substrate, or moreover controls the presentation ratio of the thickness direction of a thin film to arbitration, and is not in the former can be formed easily.

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and NCIPJ are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] The outline block diagram showing one example of the laser ablation equipment in this invention.

[Drawing 2] It is the distribution map in which it is drawing showing the process which forms a thin film with the equipment of drawing 1 , and the mimetic diagram showing the condition of a plasma plume that (A) reaches on a substrate, and (B) show the thickness distribution on a substrate.

[Drawing 3] The graph which shows the thickness direction distribution of a chemical bond abundance ratio at the time of forming the thin film of an inclination presentation with the equipment of drawing 1 .

[Drawing 4] The outline block diagram showing an example of conventional laser ablation equipment.

[Description of Notations]

- 1 -- Exposure chamber
- 2, 11, 12 -- Target holder
- 3 -- Substrate holder
- 4, 13, 14 -- Target
- 5 -- Substrate
- 6 -- Evacuation equipment
- 7 -- Pulse laser oscillator
- 8 -- Laser beam
- 9, 9a, 9b -- Lens
- 10, 10a, 10b -- Laser entrance window
- 15 -- Beam splitter
- 16 17 -- Mirror
- 21 -- Plasma plume
- 22 -- Si3 N4 Film

[Translation done.]

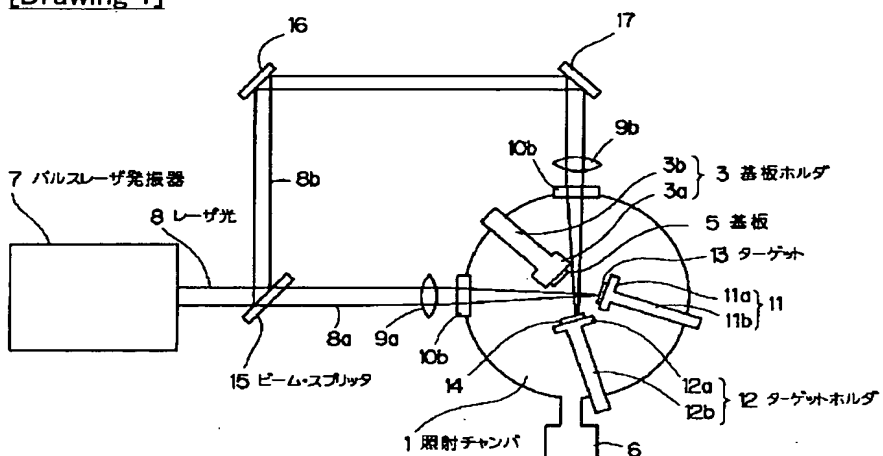
*** NOTICES ***

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

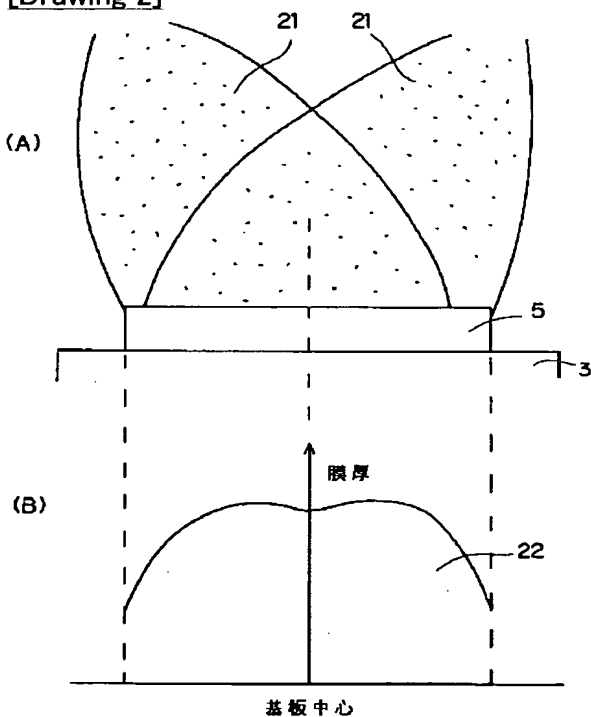
- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DRAWINGS

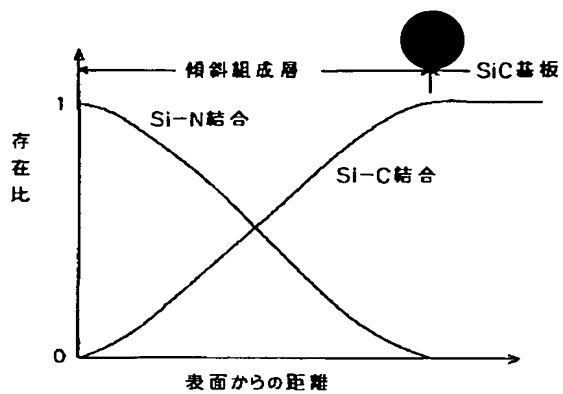
[Drawing 1]



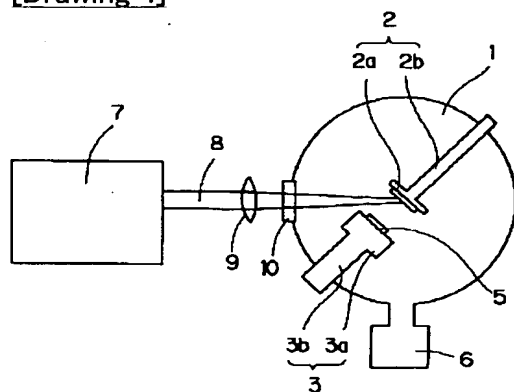
[Drawing 2]



[Drawing 3]



[Drawing 4]



[Translation done.]

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平7-331422

(43)公開日 平成7年(1995)12月19日

(51)Int.Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
C 2 3 C 14/28		8939-4K		
B 2 3 K 26/00	A			
	H			
	M			

H 0 1 S 3 / 2 2 3

E

審査請求 未請求 請求項の数9 O L (全 8 頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願平6-127494

(22)出願日 平成6年(1994)6月9日

(71)出願人 000003078

株式会社東芝

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

(72)発明者 坂野 美菜

神奈川県川崎市川崎区浮島町2番1号 株式会社東芝浜川崎工場内

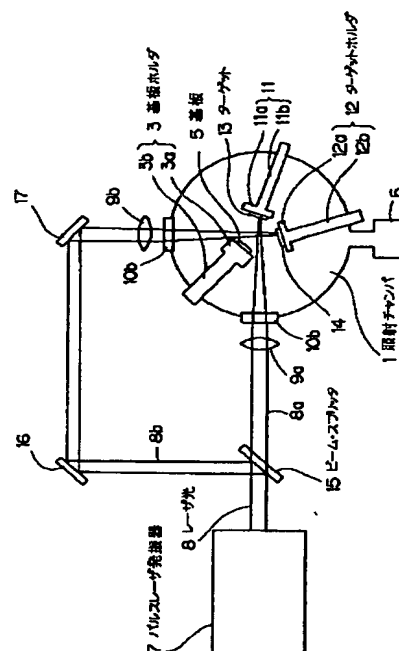
(74)代理人 弁理士 木内 光春

(54)【発明の名称】 レーザ・アブレーション装置

(57)【要約】

【目的】 薄膜表面の全域にわたって各種の膜特性が2次元的に均一であるような高品質の薄膜を、高速かつ高効率で形成する。また、同時に2種類以上の組成の薄膜を基板上に堆積させたり、薄膜の厚さ方向の組成比を任意にコントロールする。

【構成】 照射チャンバ1内には、2つのターゲットホルダ11、12と基板ホルダ3とが配置されている。各ターゲットホルダ11、12には各ターゲット13、14がそれぞれ保持され、基板ホルダ3には基板5が保持されている。レーザ発振器7からのレーザ光8はビーム・スプリッタ15で2つのレーザ・ビーム8a、8bに分割される。2つのレーザビーム8a、8bは、異なるレーザ入射窓10a、10bを通して照射チャンバ1内に異なる方向から導入され、各ターゲット13、14にそれぞれ照射する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 レーザ光が照射されるターゲットとこのターゲットから飛散した粒子を堆積させる基板とが配置された照射チャンバと、1台のパルスレーザ発振器とを備え、前記レーザ発振器からのレーザ光を前記照射チャンバ内に導入するレーザ・アブレーション装置において、

前記照射チャンバ内に複数のターゲットを配置するとともに、前記パルスレーザ発振器から出射した一方向のレーザ光を前記ターゲットと同数の多方向のレーザ・ビームに分割する光学系を設け、この光学系は、分割した各レーザ・ビームを各ターゲットに個別にかつ同時に照射させるように構成されたことを特徴とするレーザ・アブレーション装置。

【請求項2】 前記光学系は、レーザ光の透過率と反射率を連続的に変化させることが可能な可変式のビーム・スプリッタであることを特徴とする請求項1記載のレーザ・アブレーション装置。

【請求項3】 前記ビーム・スプリッタは、その透過率と反射率の変化が、前記パルスレーザ発振器のレーザ発振動作と同期し、かつ、レーザショット数の関数で制御されるように構成されたことを特徴とする請求項2記載のレーザ・アブレーション装置。

【請求項4】 前記照射チャンバ内の前記複数のターゲットは、全て同一の化学組成を有する物質から構成されたことを特徴とする請求項1記載のレーザ・アブレーション装置。

【請求項5】 前記照射チャンバ内の前記複数のターゲットのうち、少なくとも1つのターゲットは、他のターゲットと異なる化学組成を有する物質から構成されたことを特徴とする請求項1記載のレーザ・アブレーション装置。

【請求項6】 前記照射チャンバ内の前記複数のターゲットのうち、少なくとも1つは、前記基板の材料を構成する元素のうち少なくとも1種類の元素を含む物質から構成されたことを特徴とする請求項1記載のレーザ・アブレーション装置。

【請求項7】 前記パルスレーザ発振器は、エキシマレーザ発振器であることを特徴とする請求項1記載のレーザ・アブレーション装置。

【請求項8】 前記パルスレーザ発振器は、1パルスあたりのレーザ出力が、5 J以上のエネルギーを有するレーザ光を出射するように構成されたことを特徴とする請求項1記載のレーザ・アブレーション装置。

【請求項9】 前記照射チャンバは、真空排気装置を備えており、この真空排気装置によって 10^{-6} Torr以上の真空度に保たれることを特徴とする請求項1記載のレーザ・アブレーション装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、酸化物超伝導体や強誘電体、半導体などの薄膜形成を行うためのレーザ・アブレーション装置に関する。

【0002】

【従来の技術】従来、基材の上に薄膜を形成する薄膜形成方法としては、CVD（化学気相成長）法、スパッタ法、あるいはレーザ・アブレーション法などがある。中でも、レーザ・アブレーション法は、マイクロエレクトロニクスデバイス作製を目的とした酸化物高温超伝導薄膜の成膜手法として、近年、急激に注目され積極的に開発が進められている方法である。

【0003】レーザ・アブレーション法は、高いエネルギー密度のパルスレーザ光を固体材料（ターゲット）に照射し、このときに固体表面で起こる表面積の爆発的な剥離（アブレーション）により発生したプラズマ状態のブルームを利用して、基板上にターゲットと同じ構成元素を薄膜として堆積させる方法である。この方法のメリットとしては、高品位の薄膜を再現性よく成膜できること、プロセス温度が低いこと、薄膜形成装置の構成が比較的簡単であることなどが挙げられる。また、固体表面に～数 100 MW/cm^2 という非常に高いエネルギーを瞬間的に注入するため、窒化ホウ素（BN）を初めとするセラミクスなどの高融点材料を対象とした薄膜形成に適した方法である。

【0004】このような特徴を有するレーザ・アブレーション装置は、従来、図4に示すような構造を有する。まず、この図4に示すように、照射チャンバ1内には、ターゲットホルダ2と基板ホルダ3とが配置されており、ターゲットホルダ2にはターゲット4が保持され、基板ホルダ3には基板5が保持されている。この場合、ターゲットホルダ2と基板ホルダ3とは、それぞれ、ターゲット4と基板5をその表面に保持するホルダ部2a、3aと、このホルダ部2a、3aを照射チャンバ1に対して支持する支柱部2b、3bとを備えており、各支柱部2b、3bは、各ホルダ部2a、3aの背面からそれぞれ直交方向に伸びる形で設けられている。そして、このターゲットホルダ2と基板ホルダ3とは、それぞれのホルダ部2a、3a同士が対向し、かつ、それぞれの支柱部2b、3bがほぼ直線状に並ぶようにして配置されている。

【0005】また、照射チャンバ1は、真空排気装置6により所定の圧力に到達し、あるいは所定の圧力に維持されている。そして、この照射チャンバ1内に、パルスレーザ発振器7からのレーザ光8が導入されるようになっている。すなわち、パルスレーザ発振器7からのレーザ光8は、パルスレーザ発振器7と照射チャンバ1との間に配置されたレンズ9と、照射チャンバ1に設けられたレーザ入射窓10を通して、照射チャンバ1内に導入され、ターゲットホルダ2上のターゲット4上に集光・照射されるようになっている。この場合、レーザ入射窓

10は、レーザ光8を透過する材質で形成されている。

【0006】そして、このようなレーザ・アブレーション装置において、基板5上に薄膜を形成する際には、まず、パルスレーザ発振器7からレーザ光8を出射し、このレーザ光8をレンズ9およびレーザ入射窓10を介してターゲット4上に集光・照射する。このとき、レーザ光8を照射されたターゲット4の表面から、このターゲット4を構成する原子・分子・イオンなどのフラグメントが爆発的に放出される。そして、これらのフラグメントは、ターゲット4の前方へ向かって異方的に膨張し、基板ホルダ3上の基板5に到達し、堆積する。その結果、ターゲット4の構成元素と同じ化学組成を有する薄膜が、基板5上に形成される。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、以上のような構成を有する従来のレーザ・アブレーション装置には、以下に示すような問題点がある。

【0008】まず、図4の装置においては、1種類の化学的組成または組成比を持つ薄膜しか形成することができず、形成する薄膜の種類を変えることができないという欠点がある。この点を改善するために、1つのターゲットホルダに2種類以上のターゲットを設置し、ターゲットホルダを移動させてレーザ光を照射するターゲットを切り換えることにより、形成する薄膜の種類を変える方法が提案されている。

【0009】しかしながら、この方法を使用したとしても、例えば、ターゲットとしてA、Bという2種類の物質を用い、A→Bの順でレーザ光を照射した場合には、基板の上にはAという物質の薄膜の上に、Bという物質の薄膜が単純に重ねて形成されるにすぎない。そのため、AからBへと連続的に化学組成を変化させる、もしくはAとBの組成を任意の比率で混合させる、というような要求に対応することはできない。

【0010】さらに、従来のレーザ・アブレーション装置の一般的な問題点として、薄膜表面の全域にわたって、厚さや粒子サイズ、密度、その他、膜として要求される特性が2次的に均一であるような高品質の薄膜を得ることが困難であるという点が挙げられる。そのため、従来、基板ホルダを回転させて膜質を均一化させる手法が行われている。しかしながら、この方法では、アブレーションルーム中のフラグメントのごく一部しか基板に到達しないため、アブレーションルームのロスが大きく、成膜効率が悪い、成膜速度が遅いなどの欠点がある。

【0011】以上のように、従来のレーザ・アブレーション装置では、ターゲットと同一組成の薄膜しか得ることができず、薄膜を構成する元素の種類やその比率、厚さ方向の組成分布を任意にコントロールすることは不可能である。また、薄膜特性の2次的均一性を高速かつ高効率で得ることが困難であるという問題点もある。

【0012】本発明は、以上のような従来技術の問題点を解決するために提案されたものであり、その目的は、薄膜表面の全域にわたって各種の膜特性が2次的に均一であるような高品質の薄膜を、高速かつ高効率で形成可能であり、しかも、同時に2種類以上の組成の薄膜を基板上に堆積させたり、薄膜の厚さ方向の組成比を任意にコントロールして、従来になかった新しい素材の薄膜を容易に形成することができるような、優れたレーザ・アブレーション装置を提供することにある。

10 【0013】

【課題を解決するための手段】本発明によるレーザ・アブレーション装置は、レーザ光が照射されるターゲットとこのターゲットから飛散した粒子を堆積させる基板とが配置された照射チャンバと、1台のパルスレーザ発振器とを備え、レーザ発振器からのレーザ光を照射チャンバ内に導入するレーザ・アブレーション装置において、次のような特徴を有するものである。

【0014】請求項1記載の発明は、照射チャンバ内に複数のターゲットを配置するとともに、パルスレーザ発振器から出射した一方のレーザ光をターゲットと同数の多方向のレーザ・ビームに分割する光学系を設けたことを特徴としている。そして、この光学系は、分割した各レーザ・ビームを各ターゲットに個別にかつ同時に照射させるように構成される。

【0015】請求項2および3記載の発明は、請求項1の発明の構成に加えて、光学系がさらに次のような特徴を有する。すなわち、請求項2および3記載の発明においては、光学系として、レーザ光の透過率と反射率を連続的に変化させることが可能な可変式のビーム・スプリッタが使用される。そして、請求項3記載の発明において、ビーム・スプリッタは、その透過率と反射率の変化が、パルスレーザ発振器のレーザ発振動作と同期し、かつ、レーザショット数の関数で制御されるように構成される。

【0016】請求項4、5、および6記載の発明は、請求項1の発明の構成に加えて、複数のターゲットがさらに次のような特徴を有する。まず、請求項4記載の発明においては、複数のターゲットは、全て同一の化学組成を有する物質から構成される。また、請求項5記載の発明においては、複数のターゲットのうち、少なくとも1つのターゲットは、他のターゲットと異なる化学組成を有する物質から構成される。そしてまた、請求項6記載の発明においては、複数のターゲットのうち、少なくとも1つは、基板の材料を構成する元素のうち少なくとも1種類の元素を含む物質から構成される。

【0017】請求項7および8記載の発明は、請求項1の発明の構成に加えて、パルスレーザ発振器が、次のような特徴を有する。まず、請求項7記載の発明においては、パルスレーザ発振器として、エキシマレーザ発振器が使用される。また、請求項8記載の発明において、パ

ルスレーザ発振器は、1パルスあたりのレーザ出力が0.5J以上のエネルギーを有するレーザ光を出射するように構成される。

【0018】請求項9記載の発明は、請求項1の発明の構成に加えて、照射チャンバが、次のような特徴を有する。すなわち、照射チャンバは、真空排気装置を備えており、この真空排気装置によって 10^{-6} Torr以上の真空度に保たれる。

【0019】

【作用】以上のような構成を有する本発明のレーザ・アブレーション装置によれば、次のような作用が得られる。

【0020】請求項1の発明においては、光学系によって分割した多方向の各レーザ・ビームを複数のターゲットの各々に個別にかつ同時に照射することにより、複数のターゲットからアブレーション粒子が同時に飛散する。そして、この同時に飛散したアブレーション粒子を、同一の基板に同時に堆積させることができる。この場合、1つの基板上に異なる複数方向からアブレーション粒子が同時に飛来することになるため、基板上にアブレーション粒子を均一に堆積させることができる。

【0021】請求項2の発明においては、ビーム・スプリッタの透過率と反射率を連続的に変化させることにより、各ターゲットから飛散するアブレーション粒子の割合を容易に変化させることができる。また、請求項3の発明においては、ビーム・スプリッタをパルス発振器と連動させることにより、ビーム・スプリッタの透過率と反射率の変化を、最適に調整することができる。

【0022】請求項4の発明においては、1つの基板上に異なる複数方向から同一のアブレーション粒子が同時に飛来することになるため、基板上に同一のアブレーション粒子を均一に堆積させることができる。

【0023】請求項5の発明においては、1つの基板上に異なる複数方向から複数種類のアブレーション粒子が同時に飛来することになるため、基板上に複数種類のアブレーション粒子を同時かつ均一に堆積させることができる。特に、この請求項5の発明を請求項2の発明と組み合わせた場合には、基板上における堆積層の物質混合比を任意に変化させることができる。

【0024】請求項6の発明においては、基板の材料を構成する元素を含む物質を堆積させることができるため、基板の組成と同一あるいは関連のある組成を有する薄膜を形成することが可能となる。特に、この請求項6の発明を、請求項2および5の発明と組み合わせた場合には、その組成比が厚さ方向に向かって徐々に変化し、基板の表面では基板と同一組成になるような傾斜組成の薄膜を形成することができる。

【0025】請求項7の発明においては、エキシマレーザを使用することにより、紫外線領域の高エネルギーにより、ターゲットのアブレーションを効率良く行うこと

ができる。また、請求項8の発明においては、0.5J以上のエネルギーのレーザ光を出射することにより、このレーザ光を複数のレーザ・ビームに分割しても、各レーザ・ビームの出力を十分に高くすることができる。

【0026】請求項9の発明においては、真空排気装置によって照射チャンバの真空度を 10^{-6} Torr以上の真空度に保つことにより、照射するレーザ・ビームのエネルギーを低下させることなく効率良く利用できる上、異物の混入する可能性がなくなるため、高品質の薄膜を効率良く形成することができる。

【0027】

【実施例】以下には、本発明によるレーザ・アブレーション装置の一実施例を図1～図3に基づいて具体的に説明する。なお、図4に示す従来例と同一の部材には同一の符号を付している。

【0028】[1] 実施例の構成

まず、図1は、本実施例の装置の概略を示す図である。この図1に示すように、照射チャンバ1内には、第1、第2のターゲットホルダ11、12と基板ホルダ3とが配置されており、第1、第2のターゲットホルダ11、12には第1、第2のターゲット13、14がそれぞれ保持され、基板ホルダ3には基板5が保持されている。この場合、2つのターゲットホルダ11、12と基板ホルダ3とは、それぞれ、ホルダ部11a、12a、3aと、このホルダ部11a、12a、3aを照射チャンバ1に対して支持する支柱部11b、12b、3bとを備えており、各支柱部11b、12b、3bは、各ホルダ部11a、12a、3aの背面からそれぞれ直交方向に伸びる形で設けられている。そして、2つのターゲットホルダ11、12は、それぞれのホルダ部11a、12aが互いに鈍角をなす形で近接し、それぞれの支柱部11b、12bが互いに鋭角をなすようにして配置されている。さらに、基板ホルダ3は、そのホルダ部3aがターゲットホルダ11、12のホルダ部11a、12aの両方から等距離の位置でこれらと対向し、かつ、その支柱部3bが2つのターゲットホルダ11、12の支柱部11b、12bの間を通る直線上に位置するようにして配置されている。

【0029】また、照射チャンバ1は、真空排気装置6により 10^{-6} Torr以上の真空度に保たれている。そして、この照射チャンバ1内に、パルスレーザ発振器7からのレーザ光8が導入されるようになっている。この場合、図4の従来例では、レーザ発振器7からのレーザ光8を照射チャンバ1内にそのまま導入していたが、本実施例においては、レーザ発振器7からのレーザ光8はビーム・スプリッタ15で2つのレーザ・ビーム8a、8bに分割され、この2つのレーザビーム8a、8bが異なるレーザ入射窓10a、10bを通して照射チャンバ1内に異なる方向から導入されるようになっている。

【0030】すなわち、ビーム・スプリッタ15は、レ

ーザ発振器7からのレーザ光8の光軸上に、45度の角度で配置されており、レーザ発振器7からのレーザ光8を同方向のレーザ・ビーム(透過光)8aと90度方向変換されたレーザ・ビーム(反射光)8bとに2分割するように構成されている。そして、このビーム・スプリッタ15と照射チャンバ1内の第1のターゲットホルダ11のホルダ部11aとの間には、レンズ9aとレーザ入射窓10aとが、光軸が一致するようにして直線的に配置されている。そして、ビーム・スプリッタ15から透過したレーザ・ビーム8aは、レンズ9aとレーザ入射窓10aを介して、第1のターゲットホルダ11上の第1のターゲット13上に集光・照射するようになって

いる。

【0031】また、ビーム・スプリッタ15と照射チャンバ1内の他方のターゲットホルダ12のホルダ部12aとの間には、第1、第2のミラー16、17、レンズ9b、およびレーザ入射窓10bが、順次配置されている。この場合、第1のミラー16は、ビーム・スプリッタ15からのレーザ・ビーム8bの光軸上に45度の角度で配置されており、ビーム・スプリッタ15からのレーザ・ビーム8bを90度方向変換して、レーザ発振器7からのレーザ光8の出射方向と同方向に反射するように構成されている。そして、第2のミラー17は、第1のミラー16から反射するレーザ・ビーム8bの光軸上に45度の角度で配置されており、第1のミラー16からのレーザ・ビーム8bを90度方向変換して、ビーム・スプリッタ15からのレーザ・ビーム8bの反射方向と逆方向に反射するように構成されている。さらに、この第2のミラー17と照射チャンバ1内の他方のターゲットホルダ12のホルダ部12aとの間には、レンズ9bとレーザ入射窓10bとが、光軸が一致するようにして直線的に配置されている。すなわち、第2のミラー17から反射したレーザ・ビーム8bは、レンズ9bとレーザ入射窓10bを介して、第2のターゲットホルダ12上の第2のターゲット14上に集光・照射するようになっている。そして、このように第2のターゲット14上に照射されるレーザ・ビーム8bは、第1のターゲット13上に照射するレーザ・ビーム8aの方向と直交している。

【0032】なお、本実施例において、パルスレーザ発振器7としては、紫外領域の高エネルギー源であるエキシマレーザが使用されている。そして、このパルスレーザ発振器7は、1パルスあたりのレーザ出力が0.5J以上のエネルギーを有するレーザ光を出射するように構成されている。また、ビーム・スプリッタ15は、透過率と反射率を連続的に変化させることができるように構成されている。さらに、このビーム・スプリッタ15は、パルスレーザ発振器7と電氣的に接続されることができるように構成されている。そして、このようにパルスレーザ発振器7と電氣的に接続された場合には、ビ

ム・スプリッタ15の透過率と反射率の変化が、パルスレーザ発振器7のレーザ発振動作(パルス動作)と同期し、かつ、レーザショット数の関数で制御されるようになっている。また、各レーザ入射窓10a、10bは、レーザ・ビーム8a、8bを透過する材質で形成されている。

【0033】[2]実施例の作用および効果

以上のような構成を有する本実施例のレーザ・アブレーション装置によって、実際に薄膜を形成する場合のプロセスとその作用および効果について以下に説明する。

【0034】[2-1]一定の化学組成を有する薄膜の形成プロセス

以下には、基板上に一定の化学組成を有する薄膜を形成する一例として、SiC基板上にSi₃N₄の化学組成を有する薄膜を形成する場合のプロセスについて、図2の(A)、(B)を用いて説明する。

【0035】まず、照射チャンバ1内の第1、第2のターゲットホルダ11、12に第1、第2のターゲット13、14をそれぞれセットする。この場合、第1、第2のターゲット13、14としては、同一の化学組成を有する同一のSi₃N₄焼結体ベレットからなるSi₃N₄ターゲットを使用する。また、基板ホルダ3には、SiC基板5を配置する。しかる後に、真空排気装置6によって照射チャンバ1内部の圧力を低下させる。この場合、真空到達度を10⁻⁶Torr以上とする。

【0036】そして、照射チャンバ1が所定の真空度に到達すると、パルスレーザ発振器7からレーザ光8が出射し、ビーム・スプリッタ15で2つのレーザ・ビーム8a、8bに分割される。このうち、一方のレーザ・ビーム8aは、レンズ9aとレーザ入射窓10aを介して、第1のターゲットホルダ11上の第1のSi₃N₄ターゲット13上に集光・照射する。また、他方のレーザ・ビーム8bは、第1、第2のミラー16、17によって順次方向変換された後、レンズ9bとレーザ入射窓10bを介して、第2のターゲットホルダ12上の第2のSi₃N₄ターゲット14上に集光・照射する。

【0037】この場合、ビームスプリッタ15の透過率と反射率は、ターゲット13、14上での単位面積あたりのレーザエネルギー、すなわち、フルエンスが等しくなるように、2つのレーザ・ビーム8a、8bの光路におけるエネルギーロスを考慮して選択し固定する。したがって、ターゲット13、14には、等しいフルエンスのレーザ・ビーム8a、8bが照射されることになる。

【0038】このようにして、等しいフルエンスのレーザ・ビーム8a、8bを照射されたターゲット13、14の表面からは、図2の(A)に示すように、このSi₃N₄を構成する原子・分子・イオン・クラスターなどがプラズマブルーム21となって爆発的に放出される。これらのフラグメントは、ターゲット13、14の前方へ向かって異方的に膨張し、基板ホルダ3上のSiC基

板5に到達し、このSiC基板5上にSi、N₄の薄膜を形成する。

【0039】この時、2つのターゲット13、14からは、同時に、同一成分、同一粒子密度のプラズマブルーム21が発生して、図2の(A)に示すように、基板5の2方向から同時に到達する。したがって、この基板5の表面上の全域にわたり、図2の(B)に示すような均一な膜厚分布を有するSi、N₄膜22が得られる。この場合、膜厚だけでなく、要求される種々の物理的・電磁氣的・機械的・化学的特性についても近質な性質が得られることは言うまでもない。

【0040】また、図4に示すような従来例の装置を使用して薄膜を形成する場合には、プラズマブルームのロスが大きいため、成膜効率が悪い、成膜速度が遅いなどの問題点があったが、本実施例においては、プラズマブルーム内のフラグメントを有効に利用できるため、成膜効率、成膜速度が低下することなく、以上のような高品質の薄膜を、高速かつ高効率で形成することができる。

【0041】さらに、本実施例においては、1台のバルスレーザ発振器のみを用いて複数のターゲットにレーザ・ビームを同時に照射することができるため、システムが簡略であり、かつ、ランニングコストが抑えられるというメリットがある。

【0042】〔2-2〕傾斜的な化学組成を有する薄膜の形成プロセス

以下には、基板上に傾斜的な化学組成を有する薄膜を形成する一例として、SiC基板上にSi、N₄の傾斜組成を有する薄膜を形成する場合のプロセスについて、図3を用いて説明する。

【0043】まず、照射チャンバ1内の第1のターゲットホルダ11に、第1のターゲット13としてSiC焼結体ベレットからなるSiCターゲットをセットするとともに、第2のターゲットホルダ12に、第2のターゲット14としてSi、N₄焼結体ベレットからなるSi、N₄ターゲットをセットする。また、基板ホルダ3には、SiC基板5を配置する。しかる後に、真空排気装置6によって照射チャンバ1内部の圧力を低下させ、真空到達度を10⁻⁶Torr以上とする。

【0044】そして、照射チャンバ1が所定の真空度に到達すると、バルスレーザ発振器7からレーザ光8が射出し、ビーム・スプリッタ15で2つのレーザ・ビーム8a、8bに分割される。この2つのレーザ・ビーム8a、8bは、前記のプロセス例と同様に、個別の光路を通過して、照射チャンバ1内の第1、第2のターゲット13、14上に集光・照射する。

【0045】この場合、ビームスプリッタ15の透過率と反射率は、アブレーション開始直後、すなわち、バルスレーザ発振器7がレーザ発振動作を開始した直後は、透過率が100%、反射率が0%になるように設定す

る。したがって、この時点では、バルスレーザ発振器7からのレーザ光8は、Si、N₄ターゲット14上には全く照射することなく、全てSiCターゲット13上に集光・照射し、SiCを構成する原子・分子・イオン・クラスターなどがプラズマブルームとなって爆発的に放出される。これらのフラグメントは、ターゲット13の前方へ向かって異方的に膨脹し、基板ホルダ3上のSiC基板5に到達し、このSiC基板5上にこの基板と同一成分のSiCの薄膜を形成する。

【0046】そして、このプロセスにおいては、バルスレーザ発振器7とビーム・スプリッタ15とを電気的に接続して、バルスレーザ発振器7のバルス動作と連動してビーム・スプリッタ15の透過率と反射率が連続的に変化するように制御する。この場合、具体的には、バルスレーザ発振器7から照射するレーザショット数が増加するに従って、ビーム・スプリッタ15の透過率が減少し反射率が増加するように制御する。この制御によって、SiCターゲット13へのレーザフルエンスは徐々に減少し、同時に、Si、N₄ターゲット14へのレーザ照射が開始され、そのレーザフルエンスは次第に増加していく。それに伴い、SiC基板5上におけるSi、N₄の堆積量が減少するとともに、Si、N₄の堆積が開始する。

【0047】以上のようにビーム・スプリッタ15を制御する結果、基板5上に堆積するSiCは徐々に減少し、それに対してSi、N₄の割合は増加し、最終的には、ビーム・スプリッタ15の反射率が100%となり、Si、N₄のみが基板5に到達するようになる。このようにして形成したSiC基板上の堆積層の化学組成変化を調べたところ、図3のような分布が得られた。この図3において、横軸は厚さ方向における堆積層表面からの距離、縦軸は、XPS(X線光電子分光)で測定したSi-N結合とSi-C結合の存在比を示している。この図3から、SiC基板上の堆積層の最表層にはSi-N結合のみが現れ、内部に向かってその割合が徐々に減少し、一方、Si-C結合が増加して最終的には基板と同一成分になる、いわゆる傾斜組成が形成されている様子がわかる。

【0048】〔3〕他の実施例

なお、本発明は、前記実施例だけでなく、他にも多種多様な変形例を実施可能である。例えば、ターゲットおよび基板を構成する材料を全て異なる種類の材質にしたり、さらに、基板を構成する元素のうち1種類の元素をターゲットと共通にすることもできる。また、ビーム・スプリッタの透過率と反射率を一定の値に保ち、異なる材質からなるターゲットの各々の混合比を、常に一定の比率に固定することも可能である。

【0049】そして、本発明では、このように、ターゲットの種類、ビーム・スプリッタの透過率と反射率を任意に選択することにより、従来の方法では得ることので

きなかった新しい素材を容易に作製することが可能となる。

【0050】一方、前記実施例では、2つのターゲットを使用したが、さらに、3つ以上のターゲットを使用する構成も同様に可能であり、その場合には、レーザー発振器からのレーザー光を3つ以上のレーザー・ビームに分割する。また、レーザー光を分割する光学系や、分割したレーザー・ビームの光路の具体的な構成は自由に設計可能である。さらに、使用するレーザー発振器やその使用条件も自由に選択可能である。

【0051】

【発明の効果】以上述べたように、本発明のレーザー・アブレーション装置によれば、照射チャンバ内に複数のターゲットを配置するとともに、レーザー発振器から出射した一方向のレーザー光をターゲットと同数の多方向のレーザー・ビームに分割して、各レーザー・ビームを各ターゲットに個別にかつ同時に照射するように構成したことにより、薄膜表面の全域にわたって各種の膜特性が2次元的に均一であるような高品質の薄膜を、高速かつ高効率で形成可能であり、しかも、同時に2種類以上の組成の薄膜を基板上に堆積させたり、薄膜の厚さ方向の組成比を任意にコントロールして、従来にない新しい素材の薄膜を容易に形成することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明におけるレーザー・アブレーション装置の

一実施例を示す概略構成図。

【図2】図1の装置によって薄膜を形成するプロセスを示す図であり、(A)は基板上に到達するプラズマブルームの状態を示す模式図、(B)は基板上の膜厚分布を示す分布図。

【図3】図1の装置によって傾斜組成の薄膜を形成した場合の、化学結合存在比の厚さ方向分布を示すグラフ。

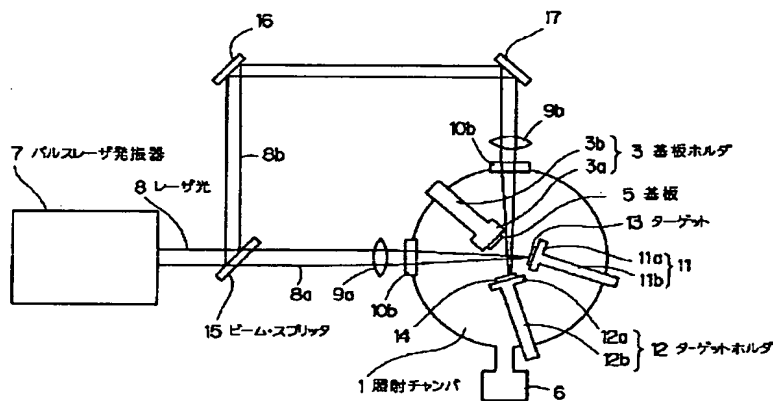
【図4】従来のレーザー・アブレーション装置の一例を示す概略構成図。

10

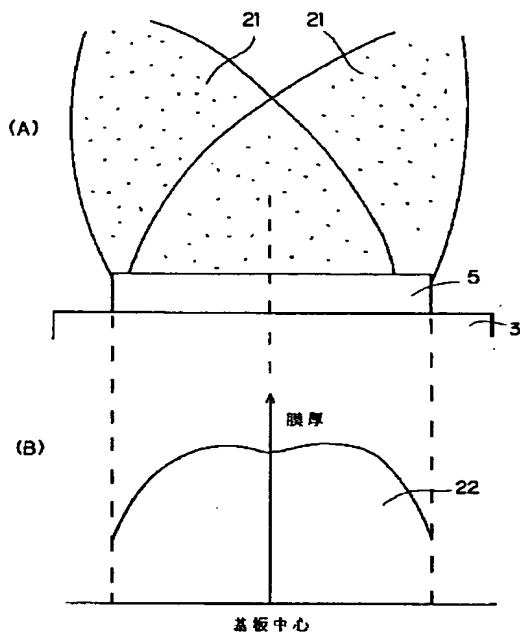
【符号の説明】

- 1…照射チャンバ
- 2, 11, 12…ターゲットホルダ
- 3…基板ホルダ
- 4, 13, 14…ターゲット
- 5…基板
- 6…真空排気装置
- 7…パルスレーザー発振器
- 8…レーザー光
- 9, 9a, 9b…レンズ
- 10, 10a, 10b…レーザー入射窓
- 15…ビームスプリッタ
- 16, 17…ミラー
- 21…プラズマブルーム
- 22…Si, N₂膜

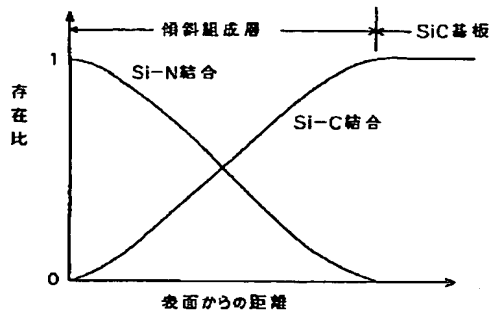
【図1】



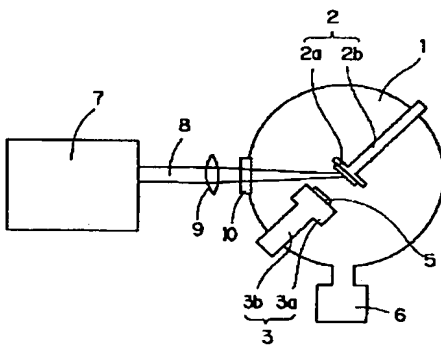
【図2】



【図3】



【図4】



フロントページの続き

(51) Int. Cl.⁶

B 2 3 K 26/00

26/06

26/12

H 0 1 S 3/225

// H 0 1 L 21/203

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

N

C

Z

M 9545-4M